

12
铸锻焊及机械加工工艺
论文集

中国铁道学会材料工艺委员会编辑

中国铁道出版社

出版说明

中国铁道学会材料工艺委员会于1978年举行了学术交流讨论会。我们从这次会上宣读交流的论文中选出55篇汇编成本论文集。

为了便利读者和便于交流，将选出的55篇论文分金属材料及热处理、非金属材料及理化检验、铸锻焊及机械加工工艺三个分册出版。

本分册原计划有19篇，其中4篇，陆保衡等同志的“活塞环径向压力分布与工艺因素影响的探讨”、席印璠等同志的“牵引齿轮付动态接触与偏载补偿的研究”、杨届平等同志的“大功率柴油机球铁~~球~~轴铁模~~挂~~砂铸造”、郭希烈等同志的“无缝线路长钢轨~~轨~~焊接及其发展”由铁道部科学研究院出版，这里不再重复。

限于编辑水平及出版时~~间~~仓猝，缺点错误在所难免，诚恳希望读者批评指正。

中国铁道学会编辑委员会

1979年

目 录

用水力旋流器进行旧砂湿法再生的设计和试验·····	朱成安 (1)
对硼铸铁气缸套的研究·····	朱欣全 吕少兵 (11)
对“七〇”砂铸钢件微型气孔的探讨·····	沈欣福 张宗源 (18)
用“七〇”砂铸造高锰钢辙叉·····	李世彦 (26)
双快水泥自硬砂的试验和应用·····	袁国宪 骆振华 (33)
对变质的双快水泥再使用探讨·····	骆振华 (37)
自动钨极氩弧点焊机·····	刘湘芸 黄宅舒 (42)
断裂力学在焊接结构上的应用·····	王元良 (53)
对铁钴铬钨合金的研究·····	季关钰 陈志成 于贵隆 龚 权 (64)
双内啮合行星减速器的不等齿差的设计·····	柴 颖 (69)
探讨液压传动中的爬行现象·····	孙同学 (77)
机械压制钢丝绳扣新工艺·····	李 唐 (81)
波形刃立铣刀的铣制方法·····	李世鹏 (87)
连杆螺栓孔的高速精钻和挤压攻丝工艺·····	夏正权 陈修兴 (94)
拉弯过程的工艺计算·····	沈政达 (109)

用水力旋流器进行旧砂湿法再生的设计和试验

朱 成 安

(威墅堰机车车辆工艺研究所)

水力旋流器是旧砂湿法再生系统中的一项关键设备, 经过系统性试验, 我们基本上掌握了水力旋流器用于旧砂再生的规律, 并且找到了几种较好的组合参数。再生砂的含泥量, 微粒含量和 Na_2O 含量都降低到规定限度以下, 以再生砂代替部分新砂混制的型砂物理机械性能也符合要求。此外, 我们还进行了水力旋流器——水力分级机联合再生试验, 试验结果说明在保证再生砂质量前提下, 可以大大提高再生砂回收率, 基本上消除了再生过程中有用砂粒的损失。

利用水力旋流器来冲洗旧砂具有许多优点, 如结构简单, 制造方便, 体积小, 占地面积小, 洗砂质量高, 生产率高。缺点是磨损大。

一、水力旋流器的工作原理

1、基本原理

水力旋流器的结构如图 1 所示, 它包括圆柱体、圆锥体、进料管、溢流管和排砂口等几个部分, 水砂混合物 (砂浆) 用砂泵或水力提升器沿切线方向送入圆柱体, 造成一个高速的旋流, 在离心力的作用下, 砂浆中的粗砂粒被抛向外围, 沿螺旋线向下运动, 最后经排砂口排出。微细粉尘则在中心部分随着旋转上升的内流向上运动, 通过中央溢流管由溢流口排出, 从而达到粗细颗粒分离的作用。在水力旋流器中, 砂粒和砂粒之间以及砂粒与旋流器壁之间产生强烈的摩擦, 由于这种摩擦的作用, 使旧砂中的假颗粒能够破碎, 砂粒上的粘土膜和惰性薄膜能够脱落, 因而能较理想地达到旧砂再生破碎和脱膜的要求。

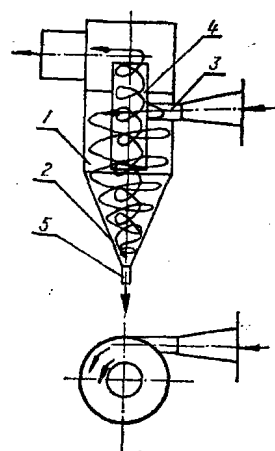


图 1 水力旋流器示意图

- | | |
|----------|----------|
| 1 — 圆柱体; | 2 — 圆锥体; |
| 3 — 进料管; | 4 — 溢流管; |
| 5 — 排砂管。 | |

2、水力旋流器中介质运动情况

图2为水力旋流器内水的流动方向及物粒分布图。水力旋流器中介质运动情况很复杂，有切向、径向和轴向三个方向的运动。图中的左半部表示水流方向，其中的假想线为轴向速度等于零的各点连接成的圆锥面与切面的交线，在此线之外水向下流，此线之内水向上流，上升的水流一部分通过溢流管排出，另一部分则返回。在旋流器内，中心有一空气柱，这是由于离心力而产生的，它的大小决定于水流的旋转速度。图中的右半部为旋流器处理砂浆时砂粒的分布情况。砂浆进入旋流器后，一面旋转，一面向下运动，物粒逐渐按颗粒大小分离，粗粒向外，细粒向内，当到达锥体部分并继续向下运动时，在轴向速度等于零的圆锥面之外的颗粒随着下降水流经排砂口排出，部分较细的颗粒则进入圆锥面之内而随上升水流通过溢流管排出。此外，在上升水流中的颗粒也受着离心力的作用，所以也有一部分砂粒向外运动而随下降水流排出。旋流器的排砂，当砂子数量较少或排砂口较大时，呈分散旋涡喷射型，它的浓度较低，当砂子数量较多或排砂口较小时，则集中而呈绳索型，它的浓度较高，此时旋流器中心处的空气柱也逐渐缩小。

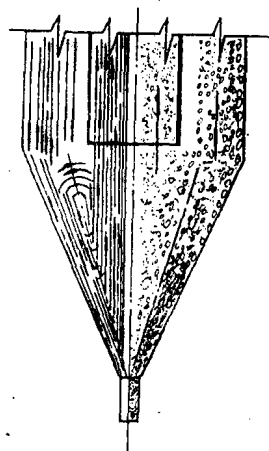


图 2

由于水力旋流器中介质运动情况复杂，迄今为止在选矿工程中也只有一些经验计算公式，用于计算旋流器处理量和分离临界粒度，这些公式是否适用于旧砂再生，没有经过验证。

3、影响再生效果的因素

可以从摩擦和分离两个过程来分析：

(1) 摩擦——摩擦的强弱对再生效果具有很大的影响。足够的摩擦能使假颗粒和粘结的砂块破碎成为分散的砂粒，并使粘土膜，惰性膜脱落，为下一步的分离过程创造良好的条件。但是，摩擦也不宜过分强烈，否则将使砂粒破碎造成损失，而且还将使旋流器内壁磨损加剧。决定摩擦作用的主要因素有进料量和进料速度，砂浆浓度以及物粒在旋流器内的行程长短等，其中进料量和进料速度是决定旋流器中旋转速度的因素。当旋流器内旋转速度快，砂浆浓度高，行程长时，砂粒受到的摩擦大。

(2) 分离——分离的好坏对再生效果和回收率有很大的影响，分离的临界粒度必须与要求去除的微粒粒度相适应，同时要求分离的界线比较清楚，以减少损失。影响分离作用的主要因素有进料量和进料速度，砂浆浓度，物粒在旋流器内的行程长短，旋流器内腔形状和分离容积大小等。在其它因素配合适当的条件下，当进料量和进料速度与分离的临界粒度相适应，砂浆浓度低，行程长，旋流器内腔形状合适和分离容积较大时，粗细颗粒的分离效果好。

二、水力旋流器旧砂湿法再生的试验方法和结果

1、试验方法

试验装置如图 3 所示，进行再生的旧砂经过人工筛选（筛子网孔为 6 毫米）后，装入底开桶，用吊车送至贮砂斗贮存。试验时由螺旋定量器将砂送入小砂斗，然后经喷射给料器由高压水带入水力旋流器。采用螺旋定量器和喷射给料器是为了准确控制给砂量和砂浆浓度，

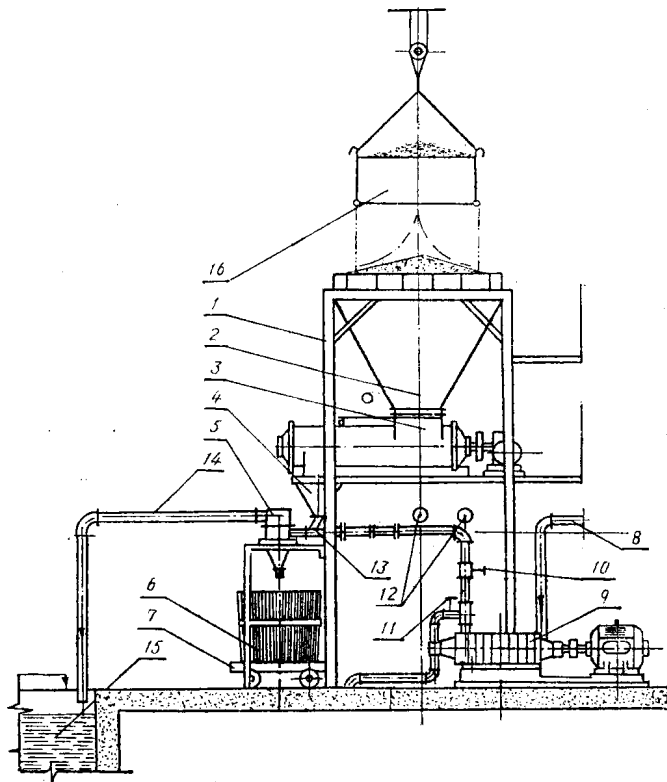


图 3 水力旋流器旧砂再生试验装置

- 1——构架；2——贮砂斗；3——螺旋定量器；4——小砂斗；
5——水力旋流器；6——盛砂桶；7——轨道平车；8——进水管；9——水泵；10——调压阀；11——放水阀；12——压力表；13——喷射给料器；14——溢流管；15——沉淀池；
16——吊砂桶。

使旋流器给料稳定。从旋流器下来的排砂流入砂桶中暂时存放，排砂样由此接取，溢流则经管道流至沉淀池，该沉淀池是利用铸钢车间原有的一个较大的钢筋混凝土水池加以改建而成。

试验用 $\phi 250$ 水力旋流器为装配式结构，采用喷射给料器给料（见图4及表1）。

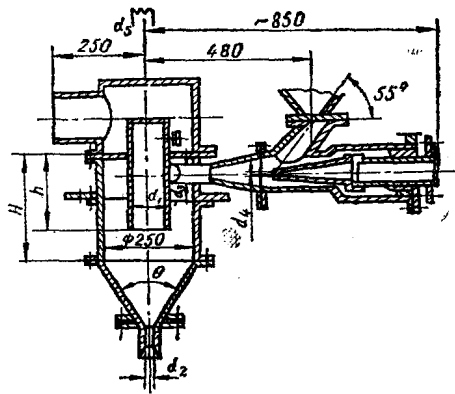


图 4

旋 流 器 各 部 分 尺 寸 表1

名 称	符 号	尺 寸（毫 米）
圆柱体高度	H	250, 320
进料口直径	d_3	42, 46
排砂口直径	d_2	16, 18, 20, 24, 27
溢流管直径	d_1	79, 100, 130
溢流管插入深度	h	160~280
锥体角度	θ	25°, 45°, 60°
喷射给料器喷嘴直径	d_4	$\phi 19$
m 值	$(\frac{d_3}{d_4})^2$	4.9~6

2、试验结果

（1）排砂口直径对再生效果的影响如表2所示

表2

条件 编号	排 砂 口 直 径（毫 米）	去 泥 效 果		微 粒 去 除 效 果			
		含 泥 率 （ % ）	去 除 （ % ）	-70 微 粒		-100 微 粒	
				含 量（ % ）	去 除（ % ）	含 量（ % ）	去 除（ % ）
05	18	1.76	79.4	5.6	47.2	3.7	53.1
	20	2.25	75.2	6.2	41.6	4.0	44.0
	22	2.21	76.6	7.8	35.2	5.2	34.5

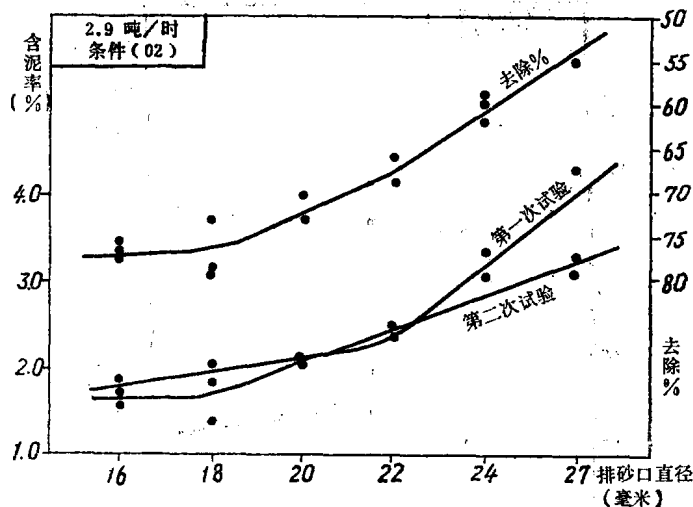


图 5

由表 2 和图 5 可知，在一定条件下，当排砂口直径超过一定数值时去泥效果和去除微粒效果降低。随着排砂口的增大，排砂浓度降低，排砂形状由紧密的绳索型发展成为周期性分散型，在给砂量不同的条件下，排砂从绳索型变为周期性分散型的排砂口直径大小是不同的，排砂口直径过小将使溢流中带走的砂粒增加，降低再生砂回收率，合适的排砂口应能取得相对较好的再生效果，同时还应使再生过程中有用砂粒损失减小。当给砂量大、流量小，溢流管直径大时，应采用较大的排砂口。

(2) 溢流管直径的影响如表 3 所示

表3

条件 编号	溢流管 直 径 (毫米)	去 泥 效 果		微 粒 去 除 效 果				回 收 率
		含泥率 (%)	去 除 (%)	-70 微 粒		-100 微 粒		
				含 量 (%)	去 除 (%)	含 量 (%)	去 除 (%)	
06	79	2.09	70.2	15.2	12.7			91.0
	100	2.11	73.3	13.8	35.0	4.0	46.0	79.0
	130	2.12	76.4	14.8	36.0	4.7	50.0	72.0
07	79	2.14	71.5	8.2	19.2	5.4	24.2	90.5
	100	1.76	79.4	5.6	47.2	3.7	53.1	74.3
	130	1.84	78.0	4.9	45.0	3.3	48.5	71.0

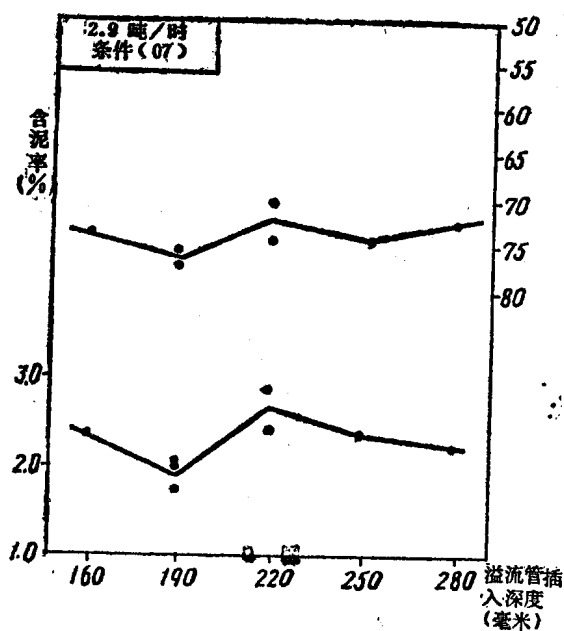


图 6

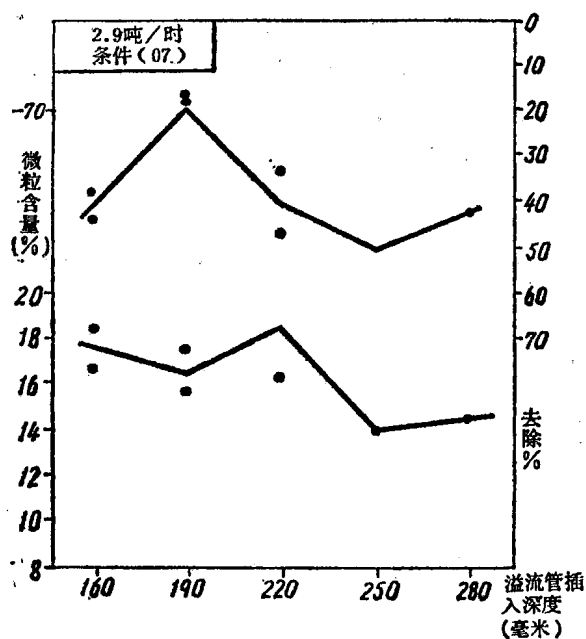


图 7

由表 3 数据可见, $\phi 79$ 溢流管去泥效果和去除微粒效果均较差, $\phi 100$ 和 $\phi 130$ 溢流管去泥效果和去除微粒效果较好并相近。由此说明, 适当大的溢流管对于去泥和去除微粒是有利的, 但当溢流管直径增大到超过一定范围时, 旋流器上部分离容积缩小而使分离作用变坏,

再生效果变差。当给砂量较大时，不宜采用较大的溢流管，否则将使分离容积不够而影响再生效果，并使回收率大大降低。当给砂量较小而需去除的微粒粒度较大时，应采取适当的溢流管，当需要去除的微粒粒度较小时，为了减少砂子损失，可以在再生砂质量满足要求的前提下，采用较小的溢流管。

(3) 溢流管插入深度的影响

根据图 6、图 7 曲线表明，溢流管插入深度在一定范围内变化对再生效果的影响不大，当溢流管插入深度增大到 250、280 毫米时，再生砂微粒含量有所降低，微粒去除效果也略有提高，其原因可以解释如下：当溢流管插入较深时，旋流器向上的内流提早进入溢流管，使重新返回到下降流中的机会减少，内流中的微粒重新混入下降流中的可能性减小，因而使再生砂微粒含量降低。但是溢流管插入较深时，随溢流溢出的砂子将增加，再生砂回收率降低，故一般选取其插入深度 $h = 0.7H$ 。

(4) 圆柱体高度的影响如表 4 所示

表 4

条件 编号	圆柱体高度 (毫米)	去泥效果		微粒去除效果			
		含泥率 (%)	去除 (%)	-70 微粒		-100 微粒	
				含量(%)	去除(%)	含量(%)	去除(%)
11	250	2.14	73.0	5.7	33.7	3.5	44.6
	320	2.11	73.3	6.0	36.1	3.8	42.2
12	250	2.12	77.5	5.1	46.4	3.3	51.8
	320	1.76	79.4	5.6	47.2	3.7	53.1

由表 4 中数据看来，由于只采用了两种圆柱体高度，试验结果没有明显的差别，但从原理来分析，圆柱体较高时，可使砂粒摩擦和分离过程延长，有利于提高再生效果。故在选择圆柱体高度时，可以根据旋流器直径和流量等因素采用较大的高度。

(5) 锥体角度的影响如表 5 所示

表 5

条件 编号	锥 体 角 度	去 泥 效 果		微 粒 去 除 效 果				回 收 率 (%)
		含 泥 率 (%)	去 除 (%)	- 70 微 粒		- 100 微 粒		
				含 量 (%)	去 除 (%)	含 量 (%)	去 除 (%)	
13	25°	1.76	79.4	5.6	47.2	3.7	53.1	74.3
	45°	1.85	75.1	5.9	40.6	3.8	49.0	
	60°	2.11	73.3	6.0	36.1	3.8	42.2	79.0
14	25°	1.65	79.9	4.4	67.2	2.8	71.8	65.0
	45°							
	60°	1.94	77.5	6.0	36.9	3.8	44.0	79.0

从表 5 中数据看出,随着锥体角度的增大,去泥效果和微粒去除效果都下降,故选用较小的锥体角度时能获得较好的再生质量,选矿经验也介绍锥体角度小时分离效果好,因此建议采用25° 锥体角度。

(6) 给砂量、流量和浓度的影响

根据图 8、图 9 可以看出,随着压力(流量)的增加,排砂含泥率降低,去泥效果提高,其原因是流量增加,使砂浆浓度降低,有利于分离作用。此外,由于砂浆在旋流器内旋

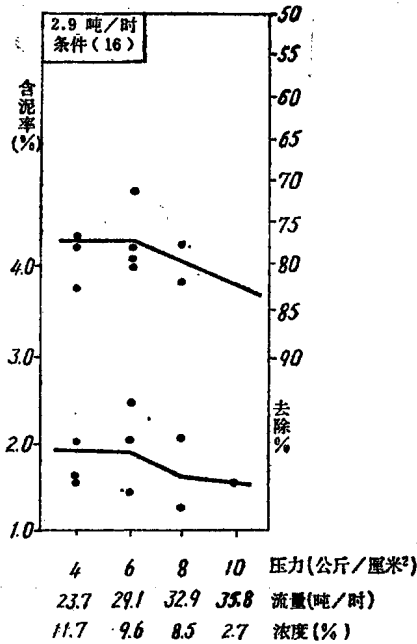


图 8

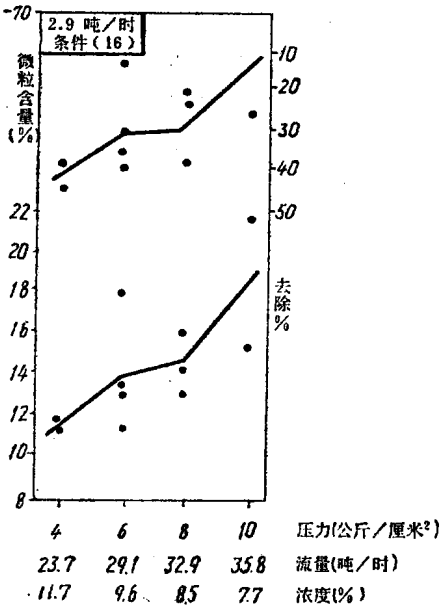


图 9

转速度加快,砂粒受到摩擦作用增强,使粘土膜容易脱除。另一方面随着压力(流量)增加,微粒去除效果变差,这是因为流量增加,物粒旋转时受到过大的离心力的作用,使部分微细砂粒也被抛到靠近旋流器壁的下降流中随排砂一起流下,造成排砂微粒含量提高。随着压力(流量)增加,由于物粒所受离心力增大,从溢流管中逸走的砂粒减少,还由于砂浆浓度降低,在旋流器中粗细颗粒能够很好分离,因而提高了回收率,砂浆浓度低(压力、流量高)有利于分离作用,但当浓度过低,摩擦作用变弱,影响表面粘土膜去除。此外,砂浆浓度过低时,使再生过程耗水量增加,不经济,故砂浆浓度一般选取为15%左右。当给砂量增加较多时,如果仍用φ 250水力旋流器清洗再生,将使砂浆浓度过大,影响再生效果和再生砂回收率,是不合理的。

3、再生砂质量及回收率

(1) 含泥率、粒度分布及回收率

前面的试验数据表明,经水力旋流器处理得到的再生砂含泥率和微粒含量符合新砂要

求，回收率也达到一定水平，现分述如下：

(a) 含泥率可以降低到1.8%以下，符合石英砂粘土含量不超过2%的要求。

(b) 100目以下的砂子(-70微粒)含量可以降低到平均6%以下，符合威厂标准对4号砂(粒度为20/40)的微粒含量不超过6%的要求。

由于再生前旧砂包含着3号砂，4号砂和5号砂，粒度比较分散，所以在再生处理后，砂子粒度均匀率虽然有所提高(可以提高到60%以上)但还达不到均匀率70%的要求。这样的再生砂可以与新砂混合后使用，必要时则可经过筛分分级后使用。

(c) 再生砂回收率在给砂量1.9吨/时条件下可达83%，当给砂量为2.9吨/时条件下而能保证再生砂质量较好时，回收率为74%。如果对旋流器排砂的质量没有严格要求，则不论给砂量为2.9吨/时或4.5吨/时，调整参数后都能获得高达90%的回收率。

(2) 化学成分

再生前后砂子化学分析数据列于表6中。

表6

项 目	填 充 砂		水 玻 璃 面 砂	
	SiO ₂ (%)	Na ₂ O (%)	SiO ₂ (%)	Na ₂ O (%)
再生前	92.7	1.16	95.2	1.35
再生后	95.6	0.65	96.3	0.80

虽然数据不多，但足以表明，在再生过程中由于去除了大部分泥尘，使砂子的SiO₂含量提高，Na₂O含量降低则表明砂粒表面的惰性薄膜得到部分去除。

(3) 物理机械性能：

再生砂、新砂、旧砂按不同比例配合组成的型砂物理——机械性能比较如表7所示。

表7

砂 子 种 类	混 合 料 成 分 (重量%)								物 理 —— 机 械 性 能			
	4* 石英砂	5* 天然砂	再 生 砂	旧 砂	白 泥	陶 土	水 玻 璃	碱 水	水分 %	强度(磅/英寸 ²)		湿 透 气 (A.F.S)
										湿压	干拉	
新 砂	30	70			1.8	1.8	6.5	1	4.44	1.2	208	600
再 生 砂			100		1.8	1.8	6.5	1	4.80	2.4	216	470
再 生 砂			100		1.5	1.5	6.5	1	4.80	2.05	220	430
再生砂+30% 新 砂	14	16	70		1.6	1.6	6.5	1	4.72	2.5	272	550
旧 砂+30% 新 砂	25	5		70	1.8	1.8	6.5	1	5.24	7.1	138	430
旧 砂+30% 新 砂	25	5		70	1.0	1.0	6.5	1	4.92	6.7	152	470

三、水力旋流器旧砂湿法再生装置的设计

水力旋流器各尺寸参数和工作参数对再生效果影响很大，根据试验结果进行归纳并综合各厂使用经验，推荐的水力旋流器各尺寸关系和水力旋流器系列规格如表 8，可作为设计选用的参考。

表8

名 称	选 择 范 围	名 称	选 择 范 围
旋流器直径D	D	圆柱体高度H	H = D
进料口直径d _s	d _s = 0.15 D	排砂口直径d ₂	d ₂ = (0.1-0.12) D
进料口倾角α	α = - (3°~4°)	锥体角度θ	25°
溢流管直径d ₁	d ₁ = 0.3 D	通气管直径d ₃	d ₃ = 15 (mm)
溢流管插入深度h	h = 0.7 H	通气管长度l	l = 400-500 (mm)

水 力 旋 流 器 系 列 规 格

表9

水力旋流器直径	各 部 分 尺 寸 (毫米)						锥体角度	进料压力 公斤/厘米 ²	砂浆处理量 米 ³ /时	砂浆浓度 %	砂子生产率 吨/时
	圆柱体高度	溢流管		进料口		排直砂口径					
		直径	插入深度	宽度	高度						
250	250	80	180	28	40	30	25°	1.2~1.5	35	~20	5~7
300	300	100	210	32	48	35	25°	1.2~1.5	50	~20	8~10
350	350	120	250	40	56	42	25°	1.2~1.5	75	~20	12~15

几点说明：

(1) 根据每小时处理砂量选取相应大小的水力旋流器，砂浆可以用砂泵打入水力旋流器进行再生，但由于砂泵磨损较大，目前不少厂矿已用水力提升器代替砂泵，这时应根据水力旋流器处理的砂浆量计算出相配套的水力提升器各尺寸参数，计算过程中需注意到水力旋流器的进料口直径约为水力提升器喉管直径的1.1~1.2倍，以便正常工作。

(2) 旋流器进口以长方形为好，涡流较少，进料口应向下倾斜3°~4°，使旋流更好，同时能减小溢流管上部和盖板的磨损，当旋流器内水流旋转速度较快时，中心部分会产生一个真空柱，造成排砂困难，破坏正常旋流，并使旋流器磨损剧烈，解决的办法是在上盖中央开一个孔，直径15毫米左右，使溢流管通大气，以消除真空，在这个孔的上面还要焊一根管子，高约400~500毫米，可以防止砂浆由此溅出。

(3) 为了解决水力旋流器内壁磨损问题，可以用高铬白口铸铁（含铬12~15%）铸造旋流器体，内壁不加工（但需打磨光，不得有毛刺飞边），或用高铬白口铸铁铸造出内套，镶入旋流器中。值得推广的是采用铸石（辉绿岩或玄武岩等）内衬的水力旋流器，它将使旋流器使用寿命大大增加。铸石内衬往往是分成小块浇铸出，最外层为钢板卷制的旋流器外壳，将小块铸出的内衬拼接好，放在钢板外壳内，定好位，再在四周空隙中灌入混凝土浆料，待混凝土凝固后便是铸石旋流器。

对硼铸铁气缸套的研究

朱欣全

吕少兵

(丰台机务段)

(戚墅堰机车车辆工艺研究所)

一、硼 铸 铁 的 特 点

硼元素在 α 铁中以置换式固溶体状态存在,在 γ 铁中可以间隙式,也可置换式固溶体状态存在。硼元素和氮、氧有很强亲和力,和碳能形成 B_4C 。铁和硼能形成即使在高温也极稳定的中间化合物 Fe_2B 和 Fe_3B 。硼元素是吸附在奥氏体晶界上,降低晶界能量,阻抑铁素体形成。

铸铁中加入微量硼元素,对石墨影响不大,稍使石墨片变粗。加入0.02%硼元素就能产生较多碳化物。随着硼含量增多,硬化相数量逐渐增加,并且由薄片断续网状分布,逐步变为断续块状分布,稍呈枝晶状。当铸铁中硼含量在0.04%,硬化相数量占10%左右。

硼在铸铁中形成 FeB 、 Fe_2B 和 $Fe_{23}(CB)_6$ 类型硼化物。它可以单独存在,也可以和其他碳化物以及磷共晶体组成复合碳化物。含有硼化物硬化相的显微硬度是很高的($H_v1000\sim1200$),它与珠光体基体造成明显的硬度差。在摩擦过程中,高硬度的硬化相骨架构成第一滑动面起到抗磨作用,软基体成为凹面,构成第二滑动面(图1)。它们之间形成间隙,有利于油膜的形成。对偶件在高硬度的凸硬化相滑动,不但磨损少,而且不易产生粘附,有良好抗拉缸性能。

含有硼化物硬化相的显微硬度比磷共晶体高(磷共晶体的显微硬度为 $H_v700\sim850$),硼铸铁的耐磨性能优于中磷铸铁。一机部硼铸铁缸套攻关组的试验表明,硼铸铁的耐磨性能比中磷铸铁提高了

$\frac{1}{3}\sim\frac{1}{2}$,并且克服了中磷铸铁容易

出现的脆裂弊病。

硼铸铁是高硬度的硬化相均匀

分布在软的基体中。虽然这种硬化相的显微硬度很高,但它的宏观硬度并不高,而且软基体中含油性能好,对所匹配活塞环的磨损有所减轻,对机械加工性能影响不大。

硼铸铁没有冷硬化倾向,对铸件壁厚影响不大。

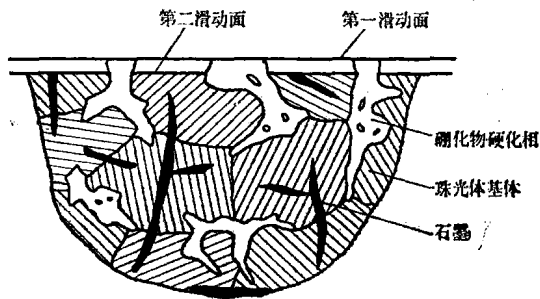


图1 硼铸铁滑动摩擦示意图

试验表明，硼铸铁气缸套可以降低钼、铜合金元素含量，节省了钼铁、电解铜等的材料消耗。

硼铸铁气缸套生产工艺简单，可以砂模铸造，也可离心铸造。铸造工艺和熔炼工艺可在原有生产条件下进行。

硼铁的硼元素吸收率很高，而且比较稳定，达85%以上。

二、硼铸铁气缸套的试制

1、化学成分

威墅堰机车厂和威墅堰研究所共同进行加硼合金铸铁材质的选材试验。硼化物和磷共晶体是沿晶界析出，随着硼含量、磷含量的增加，抗拉、抗弯强度逐渐下降，硬度变化不太明显（图2、图3）。当碳、硅含量增高，则抗拉、抗弯强度和硬度都是下降的（图4）。

通过理化性能的对比，得到较佳化学成分，它的机械性能和金相组织比较理想。威墅堰机车厂将这种化学成分浇注207柴油机气缸套，在东风₄型内燃机车上装车试验。在这基础上试制AGO-240型柴油机气缸套。

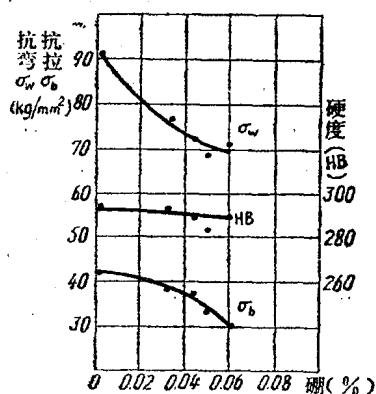


图2 硼铸铁机械性能与硼含量的关系
(C3.0%, Si1.8%, Mn1.0%,
P0.07%, Cr0.3%, Mo0.6%,
Cu0.9%)

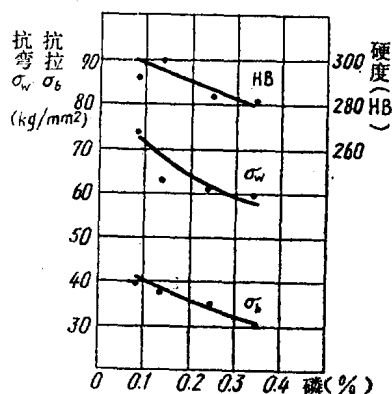


图3 硼铸铁机械性能与磷含量的关系
(C2.9%, Si1.75%, Mn1.0%,
Cr0.35%, Mo0.6%, Cu0.9%,
B0.04%)

※注：图2、图3、图4所示数值是在150公斤中频感应电炉熔炼， $\phi 30 \times 340$ 试棒上做理化检验。

硼铸铁气缸套的化学成分：

碳 2.8~3.2%，
锰 0.8~1.0%，
硫 <0.10%，
钼 0.4~0.6%，
硼 0.035~0.060%。

硅 1.6~2.0%，
磷 <0.15%，
铬 0.2~0.4%，
铜 0.6~0.8%，

这种化学成分 的抗拉强度 31~34 公斤/毫米²，抗弯强度 58~65 公斤/毫米²，硬度为 HB 217~269。石墨呈中等片状和少量菊花状。珠光体或索氏体基体中，硬化相占8~12%，呈断块状均匀分布，并有少量枝晶状分布。

2、铸造和熔炼工艺

AGO-240型柴油机气缸套铸件采用雨淋浇注系统，干型铸造工艺（图5）。砂箱分为底箱、盖箱和中箱。筒子泥芯的中心是一根长钢管，并绕着稻草绳。雨淋浇口泥芯是合脂油砂，外模是一般烘模砂。筒子泥芯砂要求高些，它是4*~5*广州砂中加入10~15%白泥、5%磷片石墨。为了使铸件光洁，筒子泥芯和外模需刷涂料二次，烘模二次。

浇注系统的主要尺寸：直浇口为 $\phi 48$ 毫米，横浇口为40×45毫米，雨淋浇口为 $\phi 12$ 毫米，共12只。出气冒口为 $\phi 30$ 毫米。

硼铸铁熔炼是在0.5吨酸性工频感应电炉，每炉可浇注气缸套铸件三只。熔炼操作要点：吊入起炉块，加入新生铁、废钢、回炉料，通电加热。熔清后升温到1400° C左右，加入铬铁、钼铁，接着加入锰铁、硅铁。继续升温到1450° C左右，去渣后加入硼铁、电解铜，等三分钟后停电，准备出炉。出炉温度为1430~1450° C较合适。

采用硅铁孕育处理。孕育剂加在浇包内，铁水冲入，扒渣后浇注。孕育剂加入量按增硅0.5~0.6%计算，原铁水含硅量应控制在1.2~1.3%。

浇注温度为1340~1360° C，浇注速度为35~50秒（每只气缸套铸件需要200公斤铁水）。

工频感应电炉的元素烧损情况：

碳 5%左右

硅、锰10%左右

铬 5~10%左右

钼、铜0~5%左右

硼 10~15%左右（采用硼铁，如果是硼砂，则烧损更大）。

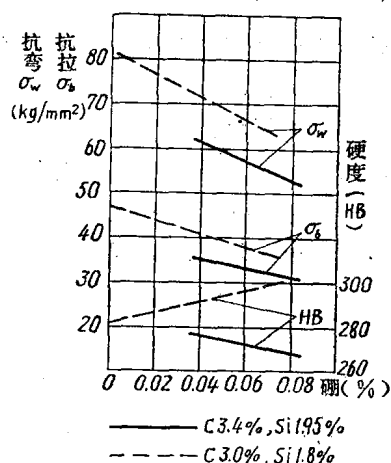


图4 硼铸铁机械性能与碳、硅含量的关系

(Mn0.85%, P0.07%, Cr0.3%, Mo0.5%, Cu0.95%)

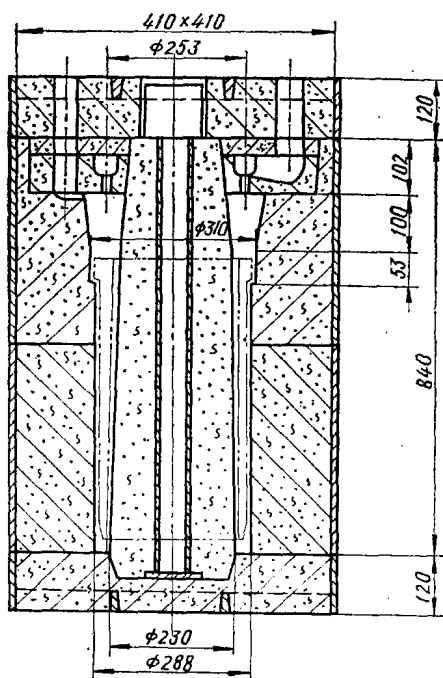


图5 硼铸铁气缸套铸造工艺图

3、时效处理

气缸套铸件应进行消除铸造应力的时效处理,即560~580°C保温2.5~3小时,随炉冷却。粗加工后还须第二次消除切削应力的时效处理,即540~560°C保温2小时,随炉冷却。

4、加工工艺流程

硼铸铁气缸套的机械加工工艺流程为:

粗车——时效处理——精车——磨内孔——打内压(整体打油压165~180公斤/厘米²)——铣导水口——珩磨内孔(80~100粒度油石,120°交叉网纹)——整体磷化处理(磷化层厚度0.015~0.02毫米)。

三、装车试验及其初步效果

根据选材试验的较佳化学成分,试制了AGO-240柴油机硼铸铁气缸套26只,陆续装在ND₄型内燃机车上,进行耐磨性能试验。其理化性能列于表1。

AGO-240型柴油机硼铸铁气缸套的理化性能

表1

缸套 编 号	化 学 成 分 (%)									试 样 性 能	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	B	抗 拉 kg/mm ²	抗 弯 kg/mm ²
1 2	3.22	1.30	0.81	0.14	0.04	0.26	0.44	0.83	0.068	32.5	55.0 56.5
3 4 5	2.97	1.80	1.18	0.098	0.037	0.34	0.45	0.87	0.030		59.5 58.0
6 7 8	3.13	1.90	0.98	0.08	0.043	0.25	0.38	0.61	0.031	34.0	54.5 56.0
9 10 11	3.09	1.90	0.89	0.08	0.039	0.28	0.41	0.68	0.030	35.5	53.5 54.5
12 13 14	3.06	1.70	0.89	0.065	0.046	0.35	0.44	0.71	0.030	40.0	52.0 55.0
17 15 16	3.13	1.45	1.01	0.06	0.028	0.30	0.41	0.70	0.021	36.0	60.5 68.0
20 19 18	3.00	1.45	1.01	0.06	0.028	0.30	0.40	0.70	0.020	36.0	
26 25 24	3.03	1.95	1.00	0.06	0.027	0.32	0.42	0.66	0.041	32.5	65.5 67.0
21 22 23	3.13	1.96	1.03	0.06	0.029	0.35	0.41	0.63	0.051	32.5	66.0 61.0

注: 1. 试棒尺寸为 $\phi 30 \times 340$ 毫米, 抗弯试验跨度为300毫米。

2. 缸套本体取样见附图, 抗弯试样加工成 $\phi 10$ 毫米圆棒, 跨度为100毫米。

3. 金相样品是在试棒上取的。